

병원 실내 환경 제어 기술

김 윤 신
한양대 의과대학/교수
환경 및 산업의학연구소/소장

1. 머리말

1989년 전국민 의료보험이 실시되면서 의료 수요가 급격히 증가하고, 의료기관 신설이 많아지면서 의료기관에 대한 선택의 폭이 커져 우수한 의료진 뿐 아니라 우수한 시설로 환자가 집중되고 있다. 더불어 생활수준의 향상, 국제화 시대의 도래 등으로 더욱 쾌적하고 편리한 병원환경에 대한 요구가 높아지고 있으며 최근 의료기술의 발달과 의료시설의 첨단화로 인해 병원건물들의 대형화와 더불어 최신 공조 설비가 도입되고 있는 추세이다. 그러나 병원내 환경오염으로 인한 병원감염(Hospital Acquired Infection)에 대한 문제가 여전히 대두되고 있어 병원내 환경관리 및 예방대책이 시급한 실정이다. 환경오염물질로 인한 병원내 공기오염은 병원감염에 있어 중요한 역할을 할 수 있으며 병원내의 입원한 신생아, 노인층 환자, 면역성이 낮은 환자나 병원균의 저항력에 약한 일반 내원자에 미치는 영향은 매우 심각

할 수 있다. 일반적으로 병원내 감염증의 10~20%는 공기 감염에 의한 것이고 병원내 감염증의 발생빈도는 병원입원환자의 2.8%~15.0% 정도로 보고되고 있다.

일반인은 하루 일과 중 80% 이상을 실내(일반가정, 사무실, 공공건물, 작업장, 지하철, 병원, 음식점, 지하공간 등)에서 생활하고 있기 때문에 오염된 실내공기를 호흡함으로써 건강상의 문제를 일으킬 수 있는 잠재적 위험이 우려된다는 연구결과에 따라 실내공기오염에 대한 관심이 증가하고 있다. 병원내 입원환자나 유아, 노인들과 같이 대부분의 시간을 실내에서 보내고 있는 경우 두통, 우울증, 피로, 흥분, 신경과민 증상들, 심장병 그리고 암과 같은 만성질환의 발생에 유의한 영향을 미친다는 연구결과가 제시되고 있다. 1970년대 이후 구미 각국에서는 일반 사무실에 근무하는 사람 가운데 각종 호흡기 질환, 알레르기성 질환과 관련된 일명 빌딩증후군(Sick Building Syndrome)이 나타났는데 그 원인은 실내공기의 오염에

의한 것으로 나타났다. 이는 건물의 밀폐화와 에너지절약장치로 인하여 건물내의 기상조건과 공기의 질이 변화되어 실내공기오염의 형태로 나타난 것으로 병원 건물도 마찬가지 상황이라는 것은 주지한 바와 같다.

병원내 환경오염관리의 중요성은 첫째, 병원내에 입원하는 대부분의 환자는 24시간을 병실에서 보내므로 빌딩중후군과 같은 실내공기오염으로 인한 여러 가지 유사한 위해에 처해 있다고 볼 수 있으며, 둘째, 치료후 회복기에 병실내 실내 공기오염물질노출로 인한 증상악화가 우려되고, 셋째, 병원 건물의 공조설비발달로 인해 외부와 거의 차단된 환기설비를 이용하게 되므로 실내공기 특성이 외부와 매우 다른 상황이라는 점등이다. 따라서 병원내 감염이라는 급성적 영향뿐만 아니라 장기간에 걸친 병원내 환경오염물질에 노출시 만성적인 영향도 매우 중요한 인자로 작용하므로 병원환경의 종합적인 관리가 필요하다고 하겠다.

병원의 실내환경은 병원의 구조, 병원내의 생활환경, 병원의 지리적 위치, 병원 자체내의 환경조절을 위한 장치 및 환기 시설 등에 의하여 좌우된다. 가장 이상적인 병원환경은 병원내에서 생활하는 사람들이 최대한 쾌적한 기분을 가질 수 있는 조건이다. 그러기 위해서는 병원환경 특성에 맞는 허용기준을 정하여 실행하는 것이 우선이다. 병원공기오염에 대한 제어방안으로는 크게는 실내공기오염의 발생원을 제거 또는 대체, 개선, 환기, 공기청정기 등에 의한 공기청정 등이 있다. 이 중 환기는 병원

공기오염 제어방법 중 가장 중요한 사항으로 미국에서는 건물내 환기 시설이 총 에너지 소비의 50~60%를 차지하는 것으로 나타나 미국 국립표준연구소, 미국 재료검사학회, 미국 냉난방공학회, 미국 기계공학학회 등에서 설정한 표준에 의거하여 건물의 특성별 환기 시설의 기준을 정해 놓고 있는 실정이며 학교, 병원 등은 특히 건물 특성에 알맞는 환기 장치가 요구되는 건물이다. 본고에서는 병원내에서의 병원환경 오염원과 병원환경관리 현황에 대해 살펴보고 이에 대한 효과적인 제어기술을 기술하고자 한다.

2. 병원내 오염원 및 현황

병원내 환경관리가 부적절한 경우 병원에서 생활하는 병원 근무자나 입원환자 뿐만 아니라 내원환자 및 일반출입자 등에 미치는 영향은 경우에 따라 매우 심각할 가능성이 있다. 병원내 환경위생 관리시 고려 사항으로는 공기오염, 조명, 소음, 약품관리, 병실의 청결도, 환자의 침구 및 환자복의 청결상태 등을 들 수 있다. 이러한 병원내 실내오염 물질과 오염원들을 보면 다음과 같다.

2.1 미생물

병원내에서 가장 다양하게 발생되고 전파되어 병원감염의 주원인이 되는 미생물성 물질로는 박테리아(Bacteria), 바이러스(Virus), 균류(Fungi)등이 있다. 실내에서 서식하고 있는 미

생물들은 환기가 불충분하고 질(Quality)이 좋지 않은 공기를 재순환하는 경우가 많을 때 그 농도가 증가하게 된다. 이러한 미생물들은 전염과 질환을 일으키거나 알레르기 반응을 유발시키기도 한다. 병원에서 에어컨 사용이나 살균제 살포등으로 인한 미생물성 박테리아 등이 발생되어 리저네라병(Legionnaire's Disease)나 폰티악병(Fontiac Fever)등이 발생되며 병원의 환기장치를 통하여 TB, Measles, Small Pox 및 Staphylococci균이 옮겨질 수 있어 병원내 질병발생을 촉진시킬 수 있다. 공기중에 부유하고 있는 세균은 호흡기관등에 균주화 되기도 하며 낙하되어 물품이나 수술 부위등을 오염시켜 병원감염을 초래할 수도 있다.

2.2 포름알데히드

포름알데히드는 병원내에 마취과, 수술실, 응급실에서 살균방부제로 사용되고 있는 포르말린이 공기중에 방출되는 가스성 물질로서 인체에 영향을 미친다. 포름알데히드는 건축자재, 흡연, 가구의 도료, 접착제, 물질의 연소 과정 등으로부터 방출되는 가스로 그 농도가 1ppm에서 눈, 코, 목의 가려움증을 보이고 동물실험 결과 발암성(鼻癌性)물질로 나타났다. 이처럼 병원에서는 일반 공공건물에서와는 달리 건물 자체내에서 방출되는 포름알데히드 외에 포르말린으로부터 방출되는 포름알데히드가스를 직접 흡입하게 되므로 포름알데히드에 노출될 가능성이 가중된다.

2.3 마취성 가스(anesthetic gases)

병원내 방출되는 마취성 가스로는 Halothane, Enflurane, Nitrous Oxide등 휘발성 또는 흡입성 가스로 수술실, 분만실, 회복실, 치과 수술실 등에서 많이 방출된다. 이러한 마취성 가스는 만성중독시 Reproductive Risk를 높이는 것으로 알려졌는데 예를 들어, 수술실에 근무하는 간호사에서 자연유산율이 높은 것으로 보고되었다. 영국의 마취과 의사에서는 각종 암에 걸릴 확률이 다른 의사에 비해 높은 것으로 보고되었다. 따라서 미국의 경우 마취과 전문 의사회에서 수술실에서 사용되는 각종 마취가스에 폭로되는 위험을 최소화하도록 권장하고 있다. 우리나라에서도 마취성 가스의 방출 및 폭로를 최소화하기 위한 관리 및 교육이 이루어져야 한다.

2.4 Ethylen Oxide, Organic Reagent and Solvent

병원내의 수술기구 및 각종 시설의 소독약품으로 많이 사용되는 Ethylene Oxide는 인체에 Chromosomal Damage, Leukemia, Spontaneous Abortion을 유발시킬 수 있는 것으로 조사되고 있다. 또한 병원시설 관리기사 및 실험 기사등이 많이 다루는 Organic Reagent & Solvent (유기화학용매)는 발암성물질로 나타나 그것을 다루는 사람에서 암에 걸릴 위험을 높이는 것으로 보고되고 있다. 따라서 병원내에서 약품을 취급하는 사람에 대한 환경위생교육 및 관리가 제대로 이루어져야 한다.

2.5 Antineoplastic Drugs

암치료의 화학요법에 사용되는 Antineoplastic drug(Eg. Cyclophosphamic)는 여러 가지 형태로서 직접적인 접촉이나 흡입, 흡수에 의해 이러한 약품을 취급하는 사람들에서 폭로되기 쉽다. 이러한 약품에 다량 폭로될 경우 발암 또는 돌연변이성 위험도가 높은 것으로 나타났다.

2.6 석면

건축자재로 많이 사용되는 석면은 병원건물의 천장이나 벽에 내화성 자재로 석면스레트, 석면타일등으로 많이 이용되고 있다. 또한 병원실험실에서 사용되는 장갑의 성분속에도 석면이 함유되어 있는 것으로 알려졌다. 이처럼 건축자재, 생활용품 및 특수용품에 광범위하게 사용됨으로써 석면에 대한 노출을 심화시켜 건강상 문제를 야기하게 된다. 석면이 공기중 석면섬유형태의 미세한 가루로서 방출되면 쉽게 흡입되어 각종 폐질환 및 폐암을 유발시키게 된다. 우리나라에서는 각종 건물은 물론 병원 건물에도 단열재로서 석면이 건축자재로 많이 사용되었을 것으로 추측된다. 따라서 석면의 대체작업이 시급하게 이루어져 석면으로 인한 건강상 피해를 최소화하여야 한다

2.7 라돈(Rn-222)

라돈은 지구상에서 발견된 약 70여가지의 자연방사능물질의 하나로 사람이 흡입하기 쉬운 기체상 물질로서 라듐(Rn-226)의 핵분열

시 생성되는 물질이다. 라돈가스는 건물의 흙, 벽돌, 시멘트, 콘크리트등의 건축자재에 존재하며 공기중으로 방출되는데 건물의 지형구조와 위치 등에 따라 달라질 수 있다. 이렇듯 라돈은 자연계에 널리 존재하며 건축자재로부터 방출되어 인체에 영향을 미치게된다. 라돈가스에 장기간 폭로될 경우 폐암발생에 영향을 주는 것으로 알려졌다. 특히 병원내 동위원소실의 의료시설 및 X-ray필름의 불완전한 폐기 처리등은 극히 미량의 방사능일지라도 방사능에 장기간 폭로될 수 있고 이는 백혈병이나 각종 암발생에 영향을 줄 수 있는 오염원이므로 방사선 취급자에 대한 안전교육이 철저히 수반되어야 한다.

2.8 흡연

흡연은 각종 호흡기질환 발생의 주범으로 모든 폐암발생요인의 대부분을 차지하고 있다. 흡연시에는 각종 먼지와 가스가 발생하게 되는데 이로 인하여 호흡기 질환과 폐질환, 폐암을 유발시키게 된다. 흡연은 병원뿐만 아니라 일반건물에서도 심각한 실내오염물질로 알려졌는데 흡연자 본인은 물론 주위에 있는 비흡연자에게도 피해를 주게 된다. 최근 국민건강증진법 제정에 따라 공공건물 및 병원내 금연이 규제되었으나 병원자체적으로 보다 강화하여 관리하여야 한다

2.9 악취

병원 방문시 먼저 느끼게 되는 실내오염 중

하나가 악취이다. 악취란 불쾌한 냄새라는 뜻으로 인간에게 불쾌감을 주어 정신, 신경계통을 자극시켜 정서생활 및 건강상의 해를 주는 물질을 말한다. 냄새는 실내공기 오염문제 중에서 가장 복잡하고 모호한 성질로 사람의 1ppb정도의 대단히 적은 양의 물질도 감지할 수 있는 능력을 가지고 있다. 냄새에 대한 불쾌감이 사람에 따라 현저한 차이가 있으며 친숙하지 않은 냄새는 쉽게 감지되고 친숙한 냄새보다 더 많은 불평을 일으킨다. 병원내 냄새가 심하게 느껴지는 것은 이러한 이유에서이다. 병원내 냄새는 주로 의약품에서 발생하는 마취성 가스들로서 의약품, 의사, 간호사의 옷, 환자복 등 복합적이며 이같은 악취는 불쾌감, 두통 등을 유발시키게 되므로 병원내에서 보다 적절한 환기를 통해 악취를 제거해야 한다.

2.10 조명, 소음

병원내에서 밝기는 환자의 정신건강상 매우 중요하다. 병실이 너무 어두울 경우 환자의 불안을 가중시킬 수 있으며 너무 밝은 경우 환자가 안정을 취할 수 없게 된다. 또한 병실뿐만 아니라 수술실, 자료실, 대기실 등의 실내공간의 특성에 따라 적절한 조도가 유지되어야 한다. 병원에서의 소음은 대기실에서의 떠드는 소리, 병원외부에서의 소리등에 의해 좌우된다. 소음은 환자가 안정을 취하는데 방해가 되므로 병실의 구조에 따라 적절한 배치를 하고, 방음벽, 이중창 등을 설치하여 병원이 외부에서의 소음을 방지하여 조용한 실내공간에서 의료 해

택을 받도록 하여야 한다.

2.11 병원감염

현대의학의 급속한 발달은 여러 가지 질병의 진단과 치료에 있어서 커다란 발전을 가져왔다. 그러나 이러한 발전에 반하여 항생제의 빈번한 사용 및 오용, 침습적인(Invasive)시술 및 수술, 그리고 항암제 또는 면역저하환자의 증가는 병원감염이라는 문제를 야기시키고 있다. 미국 질병통제 및 예방센터(CDCP)에 따르면 입원환자의 5%, 즉 한해 18만명의 환자들이 병원에서 감염되고 그 중 2만명은 그로 인해 사망하고 있다. 또 병원감염은 미국내에서 한해 7만명의 간접적인 사인이 되고 있다. CDCP는 감염으로 인한 치료비용이 45억 달러에 달할 것으로 추정했다. 최근 보건복지부가 96년 한해동안 15개 종합병원을 대상으로 실시한 조사에서 3.74%의 병원 감염률이 보고됐으며 이것은 입원환자 8만5547명 중 3,200명에 해당하는 수치이다. 또한 종합병원 대부분이 병원감염균을 예방·관리하기 위한 감염관리위원회를 형식적으로 두고 있을 뿐 실질적인 감염감시는 하지않고 있는 것으로 보고됐다. 따라서 앞으로 중요한 것은 보건당국과 병원당국의 병원감염에 대한 인식변화와 함께 적극적인 감염관리가 이루어져야 할 것이다.

2.12 병원환경관리 현황

우리나라 공중위생법에서는 공중이용시설의 위생관리기준을 두고 이들의 공기오염을 관리

토록 덕트청소관리 등에 관한 사항을 담고 있으나 병원이나 호텔 등에 대한 명확한 근거 규정이 없어 관리에 혼선이 우려되었으며 1999년 2월에 공포된 공중위생관리법에서는 덕트청소의무화규정이 폐기되고 법 제5조로 공중이용시설의 위생관리를 규정하고 있으나 상기의 문제점을 계속 내포하고 있다. 보건복지부에서는 공중이용시설 실내공기정화 청소기준 연구를

통해 병원환경오염을 방지하기 위한 법적 근거에 관하여 제안사항을 나타낸 바 있다.

스웨덴의 경우 우리나라와 달리 병원도 공중이용시설의 대상시설로 포함하여 관리하고 있으며 이에 따라 최초 검사기간과 검사주기 등 도 표 1과 같이 명기하고 있다. 우리나라에서도 병원환경관리에 대한 규정이 법규내에 포함되어 관리되는 것이 필요할 것으로 보인다.

표 1. 스웨덴 공중이용시설의 점검기간

| 대 상 시 설 | 최초검사 기간 | 검 사 주 기 |
|--------------------------------|---------------|---------|
| 병원, 학교, 호텔 등 | 1993년 12월 31일 | 2년 |
| 아파트, 상업용건축물 등 급기와 배기에 의한 환기시스템 | 1994년 12월 31일 | 3년 |
| 아파트, 상업용건축물 등 배기에 의한 환기시스템 | 1995년 12월 31일 | 6년 |
| 아파트, 상업용건축물 등 자연환기에 의한 환기시스템 | 1995년 12월 31일 | 9년 |
| 주거용 건물 급기와 배기에 의한 환기 시스템 | 1995년 12월 31일 | 9년 |

비고 : 감독관청의 확인을 필요로 하지 않는 측정기한 : 6개월

대규모 개보수 건축의 경우 검사기한 : 최대 12개월 이내

자료 : 한양대 환경 및 산업의학연구소, 1999

3. 병원내 실내환경 제어 대책

병원내 실내공기오염을 제거하기 위한 예방 또는 방지대책으로서 발생원의 제거, 환기 및 청정장치 등을 이용한 처리기술을 포함하는 실내공기오염 제어기술개발 부분의 노력이 필요하다.

실내환경에서 오염물질의 농도를 조절하는 네가지 주요 척도로는 오염원 강도, 공기유입, 공기배출, 공간상의 제거 등이 있으며, 이들을

응용한 실내오염물질 저감 방안으로는 건축자재(포름알데히드, 라돈, 석면 등), 인간의 활동(환경담배 연기, 소음 등), 병원용품(미생물성 물질, 유기용제)등의 발생원을 제거 또는 대체하는 방법이 있다. 환기의 방법에는 깨끗한 공기로 오염된 공기를 희석하는 희석 환기방법, 오염된 공기를 배출하는 국소배기방법이 있고, 청정장치를 이용한 공기청정방법은 실내에 공기청정기를 설치하는 것과 청정장치를 공조시스템에 설치하는 방법 등이 있다.

3.1 발생원의 제어

병원내 오염환경을 제어하기 위해서는 실내 환경 오염의 원인이 되는 각종 오염원을 제거하여야 한다. 특히 병원성감염을 유발시킬 수 있는 포도상구균, 그람음성균, 리저넬라균, 기타 미생물성균의 증식을 방지하도록 하고 그 오염 발생원을 제거하거나 예방하여야 한다. 이를 위하여 병원당국의 적절한 조치와 함께 병원 내 원 및 입원환자들의 청결한 환경유지가 요구된다. 또한 병원건물 건축시 천장이나 벽등에 자재로써 사용된 석면을 제거하여 석면에 노출되어 유발될 수 있는 폐암으로부터 보호되어야 한다. 라돈가스나 포름알데히드를 방출할 위험 소지가 있는 건축자재의 사용을 금하고 이미 사용한 건축자재중 석면이나 포름알데히드를 방출할 위험이 있을 경우는 정확한 조사를 통해 유해하다고 판단될 경우 제거하여야 한다.

오염물질에 의한 노출은 오염원이 완전히 제거되지 않을 때 오염원 변형을 통해 감소시킬 수 있다. 또한 오염노출은 오염원의 재배치와 재분산으로 감소시킬 수 있다. 예로 실내공기 오염원중 하나인 흡연은 특히 병약자가 모여있는 병원내에서는 더욱 심각하다. 흡연으로 인한 각종 유해성은 많이 발표되었고 최근에는 흡연자뿐만 아니라 흡연에 노출된 비흡연자에 대한 유해성에 관하여 보고되고 있는 실정이다. 따라서 흡연자 주위의 병약한 비흡연인이 담배연기에 노출되었을 경우 인체의 영향은 건강인에 비해 더 심화될 것이다. 따라서 병약자

가 모여 있는 병원내에서는 전 구역에서 금연을 실시함으로써 병원내에서 쾌적한 환경을 유지할 수 있을 것이다.

3.2 환기에 의한 제어

3.2.1 희석환기

희석환기는 실내공기의 오염도가 위해한 정도까지 도달하지 않도록 하기 위하여 실내공기를 신선한 외부 공기로 교체시켜 오염물질의 농도를 줄이는 것이다. 이 방법은 학교, 병원, 공공장소 등에서 폭넓게 사용되고 있으며 잠재적인 악취나 자극성 화합물을 낮은 농도로 만들어 쾌적한 환경을 만드는 것이다.

병원에서의 환기설비는 각 실로부터의 오염 방지, 청정도유지, 외기량확보 등 중요한 역할을 담당하고 있다. 습기, 분진, 강한 악취가 발생하는 계통의 배기덕트는 Seal재의 의한 기밀성을 확보하고 천장속등으로의 공기누설에 의한 오염 확산 방지를 하는 것이 바람직하다. 환기를 필요로 하는 실과 환기목적은 표 2와 같다.

3.2.2 국소 배기

국소 배기는 발생된 공기오염이 실내에서 확산되기 전에 포착하여 국소적으로 실내환경을 개선하도록 하는 것으로 경제적이고 합리적이어서 현재 가장 많이 이용되고 있다. 국소 배기법의 장점은 배기 조절 장치의 적합한 배치와 공급격자가 공간을 통해 마개흐름 Plug-Flow을 이룰 수 있다는 것이다. 이러한 형태의

공기 유동은 주어진 공기 흐름으로 공기오염물질을 최대한 제거할 수 있고, 에너지 보존에 효과적이며, 여러 장소의 요구에 부응할 수 있다.

국소배기를 이용하는 기본적인 원리는 다음과 같다.

공간은 오염물질을 고립시켜 배출시키기에 적당하게 설계되어야 한다. 공간은 또한 재순환 공조시스템(Recirculating Airhandling System)의 가동 중지시, 공기오염 물질이 건물내 다른 지역으로 이동하지 않아야 한다.

배기 조절 장치, 구성 공급 공기(Makeup

Supply Air), 인접 실내 압력 등 모두가 배기 시스템의 올바른 작동을 위해 중요하다. 유입 공기가 곧바로 배출 공기로 빠져나가는 것을 최소화하는 것이 급기와 배기에 있어서 중요하다.

시스템을 위한 배기팬은 건물내의 부(-)압하에서 오염물질을 수송관으로 수송하기 위해 외부 또는 외부와 가까운 위치에 설치해야 하고 수송관과 연결되지 않으면 정(+)압하에서 공기오염물질의 누출이 발생한다.

배기 시스템은 배출된 오염물질이 재유입되는 것을 피하게 설계되어야 한다.

표 2. 환기를 필요로 하는 실과 환기 목적

| 환기목적 | 환기를 필요로 하는 중요한 실 |
|-------|---|
| 열 | 암실(자동 현상기), 세정실, 멸균실(Auto Clave), 세탁실, 주방 |
| 습기 | 욕실, 샤워실, 특욕실, 세정실, 수치료실, 세탁실, 주방 |
| 악취 | 암실(자동 현상기), 중앙 치료실(산부인과), 방광경실(비뇨기과), 검뇨실(축뇨선반, 축뇨기), RI병실, 분만실, 병리검사실, 내시경 검사실, MRI실, 방사선치료실(악종 환자), 인공투석실, 영안실(선향), 해부실, 표본실(Formalin), 세탁실, Linen창고, Bed소독(Formalin), 오물처리실, 화장실 |
| 유해가스 | Bio Logical Clean병실(Ozone), 화학검사, 병리검사실, MRI실(Helium), 표본실(Formalin), 세정실, Bed 소독(Formalin) |
| 분진 | Gips실, 연고 처치실(피부과), 치과 기공실, 맞사지실(맞사지 Powder), 제재실, 오물 수취실, 세탁실(의류), Linen창고(의류) |
| 세균 | 세균검사실, 감염증 병실 |
| 방사성물질 | RI 검사실, RI 병실 |

주) 1. ()안은 배기의 대상이 되는 물질, 오염 발생원 또는 실명의 보충 설명

2. 병원내에 산재하는 창고는 에어 밸런스를 확보한 뒤에도 환기의 운전 시간, 환기방식에 주의한다.

3.3 공기청정 제어

공기청정은 공기 중의 오염물질을 제거하기 위해 장치를 사용하는 것이다. 일반적으로 도심의 대기는 각종 오염물질에 의해 오염되어 있어 공기청정 장치를 사용하여 도입되는 외부 공기를 정화시켜야 한다. 공조 설비를 갖추고 있는 일반적인 건물에서도 실내에서 발생하는 오염물질을 함유하고 있는 재순환 공기에 대해 공기청정 장치가 요구된다. 따라서 최근에는 가정을 비롯한 일반 사무실에까지 실내 공기 조화용의 공기청정기가 많이 사용되고 있다. 또한 첨단 산업 시설, 의약품, 병원 등에서 오염된 공기를 제어하기 위하여 클린룸이 사용되고 있다.

실내의 공기오염물질을 입자상물질, 가스상물질, 부유 미생물의 세종류로 분류할 때 각각의 제거 방법은 표 3과 같다.

표 3. 실내공기 오염물질의 종류와 제거 방법

| 오염물질 | 제거 방법 |
|--------|--------------------------------|
| 입자상 물질 | 여과법, 침착(열적, 정전기적)법 |
| 가스상 물질 | 흡착법, 흡수법, 소각법(직접소각법, 촉매산화법) |
| 부유 미생물 | 여과법, 가열살균법, 소각법, 오존살균법, 자외선살균법 |

일반적인 공기청정 장치로서 사용되고 있는 것은, 입자상 물질 제거용으로서 에어필터, 전기집진기가 있고, 가스상 물질 제거용으로 활성탄필터, 부유 미생물 제거용으로서 고성능 이상의 에어필터, 살균등, 오존방식 등이 있으며, 이것들은 오염물질 발생 지역에 독립적으로 설치하기도 하나 일반적으로 공기 조화 장치내에 장착되어 사용되는 경우가 많다. 공기청정 장치의 종류를 분진포집별로 분류하면 표 4과 같다.

표 4. 공기청정 장치의 성능별 분류 및 개요

| 공기 청정 장치의 성능별 분류 | 공기청정 장치 형식 | 적용 분진 입경 | 분진 포집 중량 | 비 고 |
|------------------|---|-------------|-------------------------------|---|
| 조집용 에어필터 | 자동경신형 롤필터(건조여재) 밀티판넬형 필터(자동세정) 정기세정형 판넬필터(건식여재) 여재교환형 판넬필터(건식여재) | 5 μ m이상 | 500~ 2,000g/m ³ | 고성능 에어필터 정전기 공기청정장치 등의 전기필터로서 사용한다. |
| 중성능 에어필터 | 여재점목형 필터 디프베드형 필터 취출형 필터 | 1 μ m이상 | 300~ 800g/m ³ | 여재질곡형의 중성능 필터의 여재면적은 필터 전면적의 10~20배의 것이 많다. |

| | | | | |
|--------------------|--|-------------|-------------------------------|--|
| 고성능 에어필터 | 여재점목형 필터 디프베드형 필터 취출형 필터 | 1 μ m이상 | 70~ 250g/m ³ | 여재절곡형의 고성능 필터의 여재면적은 필 터 전면적의 20~40배 의 것이 많다. |
| 초고성능 에어필터 | 여재점목형 필터 | 1 μ m이하 | 50~ 70g/m ³ | 여재절곡형의 초고성 능 필터의 연재면적은 필터 전면적의 50~60 배임 |
| 정전기식 공기청정 장치 | 2단 하전식 정기세정형 2단 하전식 여재집진형 1단 하전식 여재유전형 | 1 μ m이하 | 600~ 1,400g/m ³ | |

병원은 일반건물과 달리 대기실의 홀과 같이 큰공간에서부터 작은방까지 가지각색의 많은 실로 구성되어 있으며 그 사용목적, 용도도 다르고 공기의 청정도 등 요구되는 조건도 각각 다르다. 병원내는 각종 병균을 보유한 환자가 거주하며 공기중의 균농도가 높기 때문에 수술 중 이나 수술후 감염증 등을 감소시키기 위하여 일정한 레벨의 공기 청정도를 유지하여야 한다. 보다 높은 청정도를 유지하기 위하여서는 공기의 흐름을 청정도가 높은쪽에서 낮은쪽

으로 흐르게 하고 오염공기의 역류가 없도록 실내압을 제어 하여야만 한다. 실내압은 고도 청결구역, 청결구역, 준청결구역, 일반구역, 오염확산방지구역등 각실의 필요 청정도 조건에 맞게 선정한다. 공조계통도 청정구역별로 분리 채순환 공기에 의한 혼합 오염과 운전 정지시 생기는 교차 감염을 일으키지 않도록 공조 조우닝 구성에 유의 하여야 한다. 표 5, 표 6는 병원내의 공기청정도에 관한 구역설정, 청정도에 의한 구역과 환기조건을 나타내고 있다.

표 5. 병원 청정도의 구역설정

| 청정도 | 구역 명칭 | 실 명 | 최종필터효율 |
|-----|-------------|--|------------|
| I | 고 도 청결구역 | Bio Logical Clean병실 수술실, Bio Logical Clean 병실 | 계수법 99.97% |
| II | 청결구역 A | 수술실, 배반실, 긴급수술실, 청결낭하, 수세장, 준비실, 개창조사실, 미숙실, 무균제제실, 중앙재료부의 기멸균부, 심장혈관조영실, 심장카테텔검사실 | 비색법 90% 이상 |

| | | | |
|-----|-----------|---|------------|
| III | 청결구역 B | 신생아실, 특수병실, 수술부일반구역(회복실, 강의실, 변소), ICU, 외래수술실, 분만실 | 비색법 80% 이상 |
| IV | 준 청결구역 | 병실, 외래진찰실, 외래처치실, 조제실, 중앙검사부의 일반구역, CCU, 방사선부의 일반구역 | 비색법 60% 이상 |
| V | 일반구역 | 대합실, 사무실, 회의실, 주방, 식당, 연구실(실험시설 없음), 세탁실, 폐기물 창고, 중앙재료부의 미멸균구역, 중앙재료부의 리넨시설 | 비색법 60% 이상 |
| VI | 오염확산 방지구역 | 미생물검사실, RI검사실, 감염병원실, 중앙재료부의 오염구역, 오물처리실 | 비색법 60% 이상 |
| VII | 오염구역 | 일반화장실, 세탁분류실, 진개처리장 | |

표 6. 청정도에 의한 구역설정과 환기조건

| 청정도 | 구 분 | 실 명 | 최소외기량 (회/hr) | 최소전풍량 (회/hr) | 실내압 | 순환기기 설치가부 |
|-----|-------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----|--------------|
| I | 고도청결 구 역 | 충류실 무균수술실 | 15 | - | 양 | X |
| | | 충류시 무균병실 | 15 | - | 양 | X |
| II | 청결구역A | 수술실, 배반실 | 5 | 20 | 양 | X |
| | | 응급수술실 | 5 | 20 | 양 | X |
| | | 청정복도, 수세실, 준비실 | 5 | 15 | 양 | X |
| | | 개창 조사실 | 5 | 20 | 양 | X |
| | | NICU(Neonatal Intensive Care Unit) | 5 | 10 | 양 | X |
| | | 무균제제실 | 5 | 15 | 양 | X |
| | | 중앙 재료부의 멸균부 | 5 | 15 | 양 | X |
| III | 청결구역B | 미숙아실 | 3 | 10 | 양 | X |
| | | 특수병실 | 3 | 10 | 양 | X |
| | | 수술부 일반구역(회복실, 강의실 등) | 3 | 10 | 양 | X |
| | | ICU | 3 | 10 | 양 | X |
| | | 외래수술실 | 3 | 10 | 양 | X |
| | | 분만실 | 4 | 10 | 양 | X |
| | | 특수 검사실 | 3 | 10 | 양 | X |
| | | 중앙 재료실의 일반구역 | 3 | 10 | 양 | X |
| | | 투석실 | 3 | 10 | 양 | X |

| | | | | | | |
|-----|--------------|------------------------|-----|-------|---|---|
| IV | 준청결구역 | 병실 | 2 | 4 | 등 | 0 |
| | | 진찰실 | 2 | 6 | 등 | 0 |
| | | 처치실 | 2 | 6 | 등 | 0 |
| | | 조제실 | 2 | 6 | 등 | 0 |
| | | 검사부의 일반구역 | 3 | 10 | 등 | 0 |
| | | CCU(Cardiac Care Unit) | 2 | 6 | 등 | 0 |
| | | 일반 신생아실 | 3 | 10 | 등 | 0 |
| | | 물리치료실(수치료실) | 2 | 6 | 등 | 0 |
| | | 물리치료실(수치료이외) | 2 | 6 | 등 | 0 |
| | | 방사선부의 일반구역 | 2 | 10 | 등 | 0 |
| | | 대합실 | 3 | 6 | 등 | 0 |
| V | 일반구역 | 사무실 | 2 | 6 | 등 | 0 |
| | | 회의실 | 2 | 6 | 등 | 0 |
| | | 주방 | — | 배기 20 | 음 | 0 |
| | | 일반식당 | 2 | 6 | 양 | 0 |
| | | 의국 | 2 | 6 | 등 | 0 |
| | | 연구실(실험설비가 없는) | 1.5 | 4 | 등 | 0 |
| | | 세탁실 | — | 배기 20 | 등 | — |
| | | 창고 | 2 | 4 | 등 | — |
| VI | 오염확산 방지구역 | 미생물실험실 | 10 | — | 음 | X |
| | | RI실험실 | 15 | — | 음 | X |
| | | 감염중 병실 | 10 | — | 음 | X |
| | | 중앙 재료부의 오염구역 | 10 | 배기 10 | 음 | X |
| | | 해부실 | 4 | 배기 10 | 음 | X |
| | | 오물 처리실 | — | — | 음 | X |
| VII | 오염구역 | 일반화장실 | — | 배기 10 | 음 | X |
| | | 세탁실 | — | 배기 10 | 음 | X |
| | | 쓰레기 처리장 | — | 배기 10 | 음 | X |

주) 양 : 양압 음 : 음압 등 : 등압 X : 필요없음 O : 필요함

병원건물은 일반적으로 병동부문, 외래부문, 중앙진료부문, 공급부문, 관리부문으로 구성되어 있으며 각부문별 실에 대한 제어 방식은 아래와 같다.

3.3.1 병동부문

(1) 일반병실

병실은 입실 환자의 요구에 만족할 수 있는 병실마다의 온도제어, 운전조절이 가능하고 교차오염을 방지할 수 있는 방식을 채택하는 것이 바람직하다. 이것에 대처하기 위하여 일반적 「단일덕트+웬코일유닛」방식을 널리 사용한다. 최근에는 웬코일유닛 대신 천장형 패널 유닛을 설치하는 방식도 도입되고 있다. 실내 유닛, 급기구, 흡입구 위치는 난방시의 온도차, 창가의 냉방시 Cold Draft와 일사, 배출 기류의 환자 Draft, 보수시 먼지의 확산, 소음 등에 유의하여야 하며 병실의 실내압은 급기량과 동일량을 배기시켜 등압을 유지하도록 한다.

(2) 간호부

간호부는 독립된 구역으로 구분하고 화장실, 처리실등의 오염공간의 배기량과 항상 균형을 이루도록 한다.

(3) 감염병동

감염원이 될 우려가 있는 보균자를 수용하는 감염병동은 일반병동과 분리하고 24시간 공조가 가능하도록 하며 웬코일유닛 등 실내 순환 유닛은 설치하지 않는 전공기방식으로서 전외기 채택하여야 하며 실내압은 부압을 유지한다.

(4) 무균병실

무균병실은 면역능력이 극도로 저하된 환자를 수용하여 감염을 방지하고, 치료를 위한 병실로서 급성 백혈병, 골수이식, 중도화상, 장기이식 수술환자 등이 수용되는 병실이다. 그러므로 고도의 청정도가 요구되므로 청정도 Class 100이상이 유지되어야 한다. 또한 무균병실은 청정도와 더불어 환자의 거주성도 중요하므로 온도설정은 가변이 가능한 시스템으로 하는 것이 바람직스러우며 열상환자 치료를 위하여서는 상대습도를 70~90%를 필요로 하는 경우도 있다. 기류속도는 0.18~0.4m/sec를 유지할 수 있도록하여 환자에 불쾌감을 주지 않도록 하는 것이 바람직하다.

3.3.2 외래부문

외래부는 일정기간 환자가 통원 치료를 하는 부문으로서 진료과목별로 진찰실, 처치실이 있으며 사용 시간이 서로 다른 진료과목이 있고 이비인후과, 청력검사실, 안과검사실등의 별실이 있다.

이상과 같이 각 실마다 제어가 가능한 공조방식이 바람직하다. 실내 에어 밸런스는 오염 공기확산을 고려하여 진찰실에서 대기실로 흐르도록 계획하며 탈의를 해야하는 실과 착의하고 진료하는 실의 온도차를 구분할 수 있도록 한다. 대합실의 오염공기, 기공실의 먼지, 비노기과의 방광 결실의 악취등 부분 배기에 유의해야하며 청력감사실의 방음대책, X선촬영실의 방사선 차단 대책에도 주의 하여야 한다.

3.3.3 중앙진찰부문

(1) 화학검사실

부식성가스를 사용하는 실은 Hood나 Draft Chamber에서의 배기가 필요하며 실내 에어 밸런스 변동 방식을 위한 방식이 고려되어야 하며 배기 계통의 송풍기, 덕트의 재질은 내식성 자재를 채택하여야 한다.

(2) 세균검사실

실외에 세균이 확산되지 않도록 실내를 부압으로 하고 단독으로 전체 배기 처리한다. 유해한 세균을 포함할 우려가 있는 배기는 HEPA 필터에 의한 세균제거 또는 자외선에 의한 멸균처리후 외부에 배기한다.

(3) 무균검사실

공기청정도를 요구하는 무균검사실은 검사 내용에 따라 청정도 요구조건이 달라진다. Clean Booth, Clean Bench등을 채택한다.

(4) 해부실

해부실은 일반적으로 영안실, 표본실과 같이 배치된다. 이러한 실들은 악취에 주의하여 환기한다. 해부실은 상시에는 15회/h, 사용시에는 35회/h 정도의 환기량이 유지될 수 있도록 시설하는 것이 좋다.

(5) X선진단, 방사선치료부

MRI기계실, CT조작실, 혈관조영, 촬영 기계실들은 기기발열의 제거를 위하여 전용 공조를 설치하는 것이 필요하다. MRI에서 사용되는 기기에는 헬륨가스를 냉각하기 위한 전용 냉각장치가 필요하며 혈관조영 촬영실은 수술실에 준한 청정도가 요구되어 진다.

(6) RI검사부

RI검사부의 여러 실은 전외기 방식에 단독배기를 하여야 하며, 배기량을 급기량보다 많이 하여 실내압을 부압으로 유지시켜야 한다. 환기회수는 10회/h이상으로 하며 배기 필터는 Pre 필터, 중성능 필터, HEPA 필터, 활성탄 필터 방식으로 하되 교체시 작업자 보호를 위하여 RI Safety Unit를 설치한다.

(7) 산부인과부

산부인과부는 일반적으로 「단일덕트 재열 유니트」방식 또는 「단일덕트+팬코일 유니트」방식등이 사용되고 있으며 개별적으로 온도나 청정도 유지를 할수 있는 방식이 요구되어지기도 한다.

3.3.4 공급부문

(1) 약국

약국의 공조는 적절한 에어 밸런스와 청정도 유지가 가능하도록 주의하여야 하며 멸균장치, 건조기의 배기, 제재실의 분진확산에 의한 직원 및 외부로의 약해 방지등에도 유의하여야 한다.

(2) 재료멸균실

재료멸균실의 공기 흐름을 청결한 장소에서 오염된 장소로 흐르도록 계획되어야 하며 보관실은 천장도를 높여 정압이 되게 한다. Auto Crave의 기기발열, 문개폐시의 증기 확산 방지를 위하여 별도 배기 하도록 한다.

(3) 세탁실

세탁실내는 고온 다습하여 재실자를 위한 냉

방 및 충분한 환기량(20~40회/h) 확보에 유의한다. 건조기 배기의 에어 밸런스용 급기팬, 세탁기 상부에 배기구 설치등 에어밸런스나 악취 확산 방지를 계획한다. 작업자에 대하여 스포트쿨링을 설치하며 가동노즐 또는 핑커루우버형 디퓨저로하고 토출 풍속을 4~6m/sec 정도로 한다.

3.3.5 수술부

(1) 수술실 계통

수술실의 공조방식은 단일덕트 재열방식이 일반적이는데 공조유니트는 에어핸드링 유니트 또는 팩케이지형 공조기가 쓰인다. 수술실은 각실마다 온·습도 제어 설정 변경이 가능하도록 재열기, 재냉각기, 가습기등을 설치하는 방안을 검토한다. 수술실은 통상 복도나 전실 등 보다는 양압으로 유지한다.

실과의 경계벽에 미차압 댐퍼를 설치하여 수술실 내압이 2~3mmAq 고압을 유지하도록 한다. 수술부 구역내에는 수술실 또는 청결복도를 중심으로 보통 공기가 높은 청정구역에서 낮은 청정구역 방향으로 흐르도록 실내 압력을 확보하여 요구되는 청정도를 유지한다. 특히 여러개의 수술실 구역으로부터 오염공기가 침입하지 않도록 해야 한다. 환기회수는 청정도에 따라 다른데 Class 10,000에서는 50회/h 정도, Class 100,000은 20~30회/h정도, 무균수술실의 실내기류는 비층류형이고 무균수술실의 실내기류는 수평 층류식과 수직 층류식으로 분류된다. 또한 무균수술실의 실내 기류 속도

는 0.3~0.5m/sec정도 소음은 50dB(A) 이하가 되게 한다.

4. 맺음말

병원은 일반 건물과는 달리 건강인은 물론 비건강인의 출입이 빈번한 곳으로 보다 실내환경에 중점을 두어야 한다. 특히, 입원환자의 경우 거의 24시간 모두를 실내에서 생활하므로 실외공기오염보다 실내공기오염이 더욱 중요하게 여겨진다. 실내공기는 한정된 공간에서 인공적인 설비를 통해 오염된 공기가 순환하게 되므로 그 농도가 증가되며 결과적으로 호흡기 질환등 인체에 유해한 영향을 줄 수 있다. 병원의 실내환경은 지리적 위치, 건물의 구조, 병원내 생활조건, 실내공간의 배치, 환기시설등에 의해 좌우된다. 가장 이상적인 병원환경은 내원 환자들이 안락한 기분으로 의료혜택을 받을 수 있도록 쾌적한 환경을 유지하는 것이다. 이러한 쾌적한 병원 실내 환경을 유지하기 위해서는 병원내의 각종 유해물질의 오염원의 근본적인 제거외에 이미 발생한 유해물질을 제거하기 위한 환기시설이 요구된다. 특히 병원내 휴식실, 진료대기실, 수술실, 분만실 등 각 병원 공간의 특성에 알맞도록 적절한 환기량을 공급하여 흡연, 포름알데히드, 라돈등의 유해물질을 실외로 배출하여 깨끗한 병원공기를 유지하도록 하여야 한다. 또한 각종 의약품의 취급으로 인해 유해가스의 방출에 대한 위험을 지니고 있는 병원의 경우 이로 인한 인체의 피해가 우

려된다. 그러므로 각종 의약품을 다루는 의사, 간호사들의 의료인 및 관련기사에게 병원내에서 발생될 수 있는 환경오염물질에 대한 교육을 실시하여 병원내 실내환경에 대한 중요성을 인식 시켜야 한다. 아울러 그들이 직접, 간접적으로 유해물질에 노출되지 않도록 적절한 조치와 계몽이 이루어져야 그리고 병원내의 제한된 공간의 사람들의 밀집은 각종 먼지 등을 발생시켜 공기오염을 가중시키게 된다. 따라서 제한된 공간에 사람의 밀집을 막고 환자보호자등이 출입할 수 있는 인원수를 제한하여 병원내 불필요한 인원의 출입을 통제함으로써 병원내 공기오염을 감소시킨다. 아울러 주기적인 공기오염도를 파악하여 병원의 실내오염의 예방 및 발생을 최소화하고 병원내 오염물질의 제거, 방지 및 예방을 전담할 기구(환경 인권 위원회)를 설정하여야 하며 이와 아울러 정부차원에서 병원내 환경기준의 설정을 고려하면 향후 병원내 쾌적한 실내공기를 유지함은 물론 병원의 이미지 부각에도 향상될 것으로 시사된다.

- 참고 문헌 -

- 김윤신, 병원내 감염, 병원회보, 1986. 6. 30일
- 김윤신, 실내공기오염에 관한 보건학적 고찰, 대한 보건협회지, 9:27~39, 1983.
- 김준명, 병원환경 관리체제 및 대책, 대한간호 31(3), 6-11, 1992
- 한국빌딩경형협회, 실내 위생 공조환경의 문제점과 개선대책, 1997
- 한양대 환경 및 산업의학연구소, 의료분야에서의 오존에 의한 살균 및 감염예방기술 개발, 1996
- 한양대 환경 및 산업의학연구소, 공중이용시설 실내공기정화 청소기준 연구, 1999
- 정정주, 병원건축물의 공기조화와 환기설비, 냉동공조기술 14(5), 1997
- 안강호, 병원에서의 공기청정관리와 청결구역의 측정예, 공기청정기술 5(4), 1992
- 백도명, 비 전염성 유해물질들을 중심으로 본 병원 근무상의 건강유해요인, 대한간호 31(3), 1992
- 보건사회국 자료, 환경청 의료법, 대한 의학 협회 1990.
- Babich, H: Reproductive and carcinogenic health risks to hospital personnel from chemical exposure, A literature review, J. Env. Hlth. 48: 52-56, 1985
- Fife, D. and Rappaport, E: Noise and hospital stay, Am. J. Pub. Heth, 66:680-681, 1976.
- Figuers, W.G., Raszkowski, R. and Weiss, W.: Lung cancer in chloromethyl methyl ether workers, New Eng. J. Med. 288: 1096-1097, 1973.
- Gestal, J.J.: Occupational hazards in hospital risk of infection, Brit. J. Ind. Med. 44: 435-442, 1987.

- Hemminki, K., Mutanen, P., Saloniemi, I, et. al: Spontaneous abortions in hospital staff engaged in sterilising instruments with chemical agents, Brit. Med. J. 285: 1461-1463, 1982
- Hogstedt, C., Malmqvist, N. and Wadman, B.: Leukemia in workers exposed to ethylen oxide, J. Am. Med. Assoc. 241: 1132-1133, 1979.
- Layzer, R.B.: Myeloneuropathy after prolonged exposure to nitrous oxide, Lancet, 1227-1230, Dec. 9 1978
- Mattia, M.A.: Hazards in the hospital environment, Am. J. Nurs. 240-243, 1983.
- Raloff, J.: Occupational noise—the subtle pollutant, Science News, 121: 347-350. 1982.
- Spence, A.A., Cohen, E. N., Brown, B.W., et. al: Occupational hazards for operating room—based physicians, J. Am. Med. Assoc. 238: 955-959, 1977.
- Tomlin, P.J.: Health problems of anaesthetists and their families in the West Midlands, Brit. Med. J. 282: 779-784, 1979.